

复杂环境下高速公路交通安全设施设计研究

许增力

杭州交通高等级公路养护有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v6i11.8556

[摘要] 本文聚焦于复杂环境下高速公路交通安全设施设计展开深入研究。在高速公路建设不断推进的当下，复杂环境如连续下坡路段、桥隧路段等给交通安全带来了诸多挑战。本研究旨在通过对这些特殊路段交通安全设施设计的探讨，提出科学合理的设计方案。针对连续下坡路段，详细研究了交通标志的尺寸、字符设计以及支撑结构设计，同时对交通标线设计进行深入剖析；对于桥隧路段，着重分析了桥梁交通安全设施中护栏等级选取和构造设计，以及隧道交通安全设施设计要点。通过这些研究，为提高复杂环境下高速公路的交通安全水平提供理论依据和实践指导。

[关键词] 复杂环境；高速公路；交通安全设施；设计要点

Research on the Design of Traffic Safety Facilities on Highways in Complex Environments

Xu Zengli

Hangzhou Transportation High Grade Highway Maintenance Co., Ltd.

[Abstract] This article focuses on in-depth research on the design of traffic safety facilities on highways in complex environments. With the continuous advancement of highway construction, complex environments such as continuous downhill sections and bridge tunnel sections have brought many challenges to traffic safety. This study aims to explore the design of traffic safety facilities for these special road sections and propose scientifically reasonable design schemes. For continuous downhill sections, a detailed study was conducted on the size, character design, and support structure design of traffic signs, as well as an in-depth analysis of traffic marking design; For bridge and tunnel sections, emphasis was placed on the selection and structural design of guardrail levels in bridge traffic safety facilities, as well as the key points of tunnel traffic safety facility design. Through these studies, theoretical basis and practical guidance are provided to improve the traffic safety level of highways in complex environments.

[Key words] complex environment; expressway; Traffic safety facilities; Design Key Points

引言

随着我国高速公路网络的不断完善，其所处的地理环境也日益复杂，连续下坡路段、桥隧相连路段等特殊地形不断涌现。这些复杂环境不仅增加了车辆行驶的难度，也给交通安全设施的设计与设置带来了前所未有的挑战。传统的交通安全设施设计方法在这些特殊路段往往难以达到预期的安全效果，因此，开展复杂环境下高速公路交通安全设施设计研究具有重要的现实意义。本研究旨在通过系统分析复杂环境对交通安全设施的影响，提出针对性的设计策略，为提升高速公路交通安全水平提供有力支持。

1 项目概况

某高速公路全长 72.366km，设计速度分为 100km/h 和 120km/h 两种，设计标准为双向四车道。推荐方案全线共设置桥梁 27 座，总长度为 11682.5m；隧道 5 座，总长度为 11773m，桥隧比例为 45.57%（不含互通区主线桥）；互通式立体交叉 6 处，收费站 3 处，服务区 1 处（与互通立交合建）。该高速公路所在地区属丘陵地貌，工程地质和地形条件复杂，村庄密集，用地紧张，其环境复杂性体现在以下方面：（1）复杂的地形使路线布线条件受限，出现多处平均坡度大于 3%、坡长大于 1km 的连续下坡路段；（2）为了减少土石方开挖工程量，布设的桥梁和隧道结构较多；（3）局部路段路基开挖，形成高边坡，且地质条件差，在公路通车运营期间容易出现落石灾害，

影响行车安全。

2 连续下坡路段交通安全设施设计

2.1 交通标志设计

在进入连续下坡路段前，应设置连续下坡长度提示标志。在连续下坡路段中间位置，设置连续下坡剩余长度提示标志。在连续下坡路段结束后，设置连续下坡结束提示标志。各种交通标志设计的关键是确定尺寸、字符、支撑结构等。

2.1.1 尺寸、字符设计

根据《道路交通标志和标线第2部分：道路交通标志》(GB5768.2—2022)，连续下坡路段交通标志可采用长方形标志，其尺寸和文字可根据设计速度确定。该高速公路设计速度为100~120km/h，则长方形标志的长度取190cm，宽度取140cm，汉字高度取60cm。为了便于驾驶员识别交通标志，标志上的文字应使用规范汉字，并按“从左至右、从上至下”的顺序排列。如果要使用英文，英文应放于汉字下方，第一个字母大写，其余小写。同时，标志上的文字应清晰、醒目，与背景色形成鲜明对比，以确保在各种光照条件下都能被驾驶员迅速识别。对于连续下坡路段这种特殊环境，文字内容应简洁明了，直接传达关键信息，如“连续下坡XXkm，注意减速”等，以提醒驾驶员提前做好准备，确保行车安全。

标志的底色和文字颜色应根据实际环境进行合理搭配，一般来说，底色宜采用醒目的黄色或橙色，文字则采用黑色，这样能在视觉上形成强烈的对比，增强标志的辨识度。此外，标志的反光性能也需重点考虑，应选用高反光系数的反光膜材料，确保在夜间或低光照条件下，标志依然能够清晰可见，为驾驶员提供准确的导向信息。同时，标志的边缘应进行圆角处理，避免尖锐边角对驾驶员造成视觉干扰或潜在的安全隐患。对于连续下坡路段，标志的设置位置也需精心规划，应确保在驾驶员视线可及的范围内，且不被其他物体遮挡。

2.1.2 支撑结构设计

公路交通标志的支撑结构通常有柱式、悬臂式、门架式等。门架式和悬臂式支撑结构能支撑较大的交通标志面板，多用于交通量大、大型车辆占比高的路段，工程造价高；柱式支撑结构较为简单，布置于路侧，工程造价低，多用于大型车辆较少的路段。为了节约成本，建议连续下坡路段采用柱式支撑结构的交通标志。为了防止支撑结构在高速公路运营期间倾覆失稳，应开展变形验算。通常，支撑结构可简化为悬臂梁，变形计算荷载考虑永久作用（结构重力、土重力、土侧压力）和可变作用（风荷载），变形验算公式为 $\delta = PL^3 / (3EI)$ ，其中 δ 代表支撑结构在荷载作用下的最大变形量，P为可变作用（风荷载）产生的集中力，L是悬臂梁的长度，E是材料的弹性模量，I是截面的惯性矩。在实际计算过程中，需根据具体的支

撑结构参数和所处环境条件，准确确定各参数值，以确保变形验算结果的准确性，从而保障支撑结构在高速公路运营期间的安全稳定。

此外，对于不同地区、不同气候条件下的连续下坡路段，支撑结构的变形验算还需考虑特殊环境因素的影响。例如，在多风地区，风荷载的作用会更加显著，需要更精确地测定风速、风向等参数，并将其合理转化到变形验算公式中；在寒冷地区，材料的弹性模量可能会因低温而发生变化，需要选取适合低温环境的材料参数进行计算。同时，在支撑结构的设计过程中，还应充分考虑施工的可行性和便利性，确保支撑结构能够按照设计要求准确安装，进一步保障其安全性和稳定性。

2.2 交通标线设计

在连续下坡路段，应设置减速标线（可重复设置），警告驾驶员前方减速慢行。在开始下坡路段，设置横向减速标线。在下坡和小半径弯路组合路段，设置纵向减速标线。目前，减速标线材料可分为热熔刮涂型、热熔喷涂型、双组分喷涂型、热熔振荡型等，选择合理的材料是减速标线设计的关键。结合相关研究成果，可参考“性价比值”选择减速标线材料，计算公式如下： $k=C/P$ ，其中k代表性价比值，C代表材料成本，P代表材料性能评分。在实际应用中，应综合考虑材料的耐磨性、反光性、耐候性以及施工便捷性等多方面性能，通过对比不同材料的性价比值，选取最为合适的减速标线材料，以确保标线在连续下坡路段能够长时间保持良好的使用效果，有效引导驾驶员安全行驶。在支撑结构设计方面，除了考虑与减速标线材料的协同作用以保障整体交通安全效果外，还需注重支撑结构自身的强度与稳定性。要根据连续下坡路段的地形、地质条件以及交通流量等因素，精确计算支撑结构所承受的荷载，合理设计其尺寸和形状。同时，选用高强度、耐腐蚀的材料来制作支撑结构，确保其在恶劣的自然环境和长期的车辆荷载作用下，依然能够稳固可靠，为交通标志和标线提供坚实的支撑，进一步保障连续下坡路段的交通安全。

交通标线的尺寸设计需依据连续下坡路段的车速、交通流量以及道路线形等因素综合确定。较大的标线尺寸有助于驾驶员在高速行驶过程中更清晰地识别标线信息，从而提前做出正确的驾驶操作。例如，在车速较快且交通流量较大的连续下坡路段，可适当增大减速标线的宽度和长度，以增强其警示效果。形状方面，减速标线通常采用振动型或凸起型的设计。振动型减速标线通过车辆轮胎与标线的接触产生振动，提醒驾驶员减速；凸起型减速标线则通过标线表面的凸起，使驾驶员在视觉和触觉上都能感受到减速提示。此外，还可根据实际需求设计一些特殊形状的标线，如箭头形、文字形等，以更直观地引导驾驶员行驶。交通标线的颜色设计也不容忽视。不同的颜色具

有不同的视觉效果和警示作用，应根据连续下坡路段的具体情况合理选择。一般来说，白色标线用于划分车道、指示行驶方向等，具有清晰、醒目的特点；黄色标线则常用于警示驾驶员注意危险区域或特殊路段，如边缘线、禁止超车线等。在连续下坡路段，可适当增加黄色标线的使用比例，以增强警示效果。

3 桥、隧路段交通安全设施设计

3.1 桥梁交通安全设施设计

3.1.1 护栏等级选取

在桥、隧路段的桥梁交通安全设施设计中，护栏等级选取至关重要。首先要依据桥梁所在路段的交通流量情况来确定，交通流量大的路段，发生交通事故的概率相对较高，就需要选取防护等级较高的护栏，以最大程度保障车辆和人员的安全。同时，要考虑桥梁的设计速度。设计速度高的桥梁，车辆行驶速度快，在发生意外时冲击力更大，所以应选择强度更高、防护性能更优的护栏等级。

另外，桥梁所处的地理环境也不容忽视。如果桥梁位于地形复杂、弯道多或者坡度大的区域，车辆行驶的稳定性会受到影响，容易发生失控等情况，此时也应适当提高护栏的防护等级。通过综合考虑这些因素，科学合理地选取护栏等级，才能有效提升桥梁交通安全水平。在选取护栏等级的过程中，还需结合桥梁的具体结构形式。例如，对于大跨径桥梁，由于其自身结构特点，在受到车辆撞击时可能产生更为复杂的力学响应，这就要求所选护栏不仅要具备足够的强度，还需有良好的能量吸收和分散能力，以减轻对桥梁结构的损伤。此外，对于一些具有特殊功能要求的桥梁，如人行天桥、观景桥等，在护栏等级选取时，除了考虑防护性能外，还要兼顾行人的安全和舒适感受，选择既符合安全标准又能与桥梁整体风格相协调的护栏类型。只有将这些因素全面纳入考量，才能确保桥梁护栏在各种情况下都能发挥最佳的防护作用，切实保障桥梁交通的安全与顺畅。

3.1.2 护栏构造设计

护栏构造设计需依据护栏等级以及桥梁所处环境等多方面因素进行。在构造形式上，对于一般桥梁，可采用常见的波形梁护栏构造，其通过波形梁板、立柱和防阻块等部件的组合，能有效吸收车辆碰撞能量，引导车辆行驶方向。对于特殊环境下的桥梁，如沿海地区桥梁，由于长期受到盐雾侵蚀，护栏材质应选用耐腐蚀性能更好的不锈钢或经过特殊防腐处理的钢材，同时在构造上要增加密封措施，防止盐雾侵入内部结构。而对于山区桥梁，考虑到地形起伏较大，护栏构造要具备更好的抗冲击和抗变形能力，可适当增加立柱的间距密度，提高护栏的整体稳定性。

3.2 隧道交通安全设施设计

隧道交通安全设施设计需综合考虑隧道内的光照条件、通风状况、交通流量以及可能发生的突发事件等多方面因素。在照明设计上，要确保隧道内光线均匀，避免出现明暗交替的视觉盲区，可采用智能调光系统，根据外界光线强度和隧道内车流量自动调节照明显亮度。通风设计方面，需保证隧道内空气流通，及时排出车辆尾气，可设置纵向通风和横向通风相结合的方式，确保空气质量达标。同时，针对隧道内可能发生的火灾、交通事故等突发事件，要设置完善的应急设施，如消防器材、应急照明、疏散指示标志等，并定期进行维护和检查，确保其处于良好状态。在交通流量控制上，应根据隧道的长度、宽度以及设计通行能力，合理规划车道数量和交通信号设置，避免出现交通拥堵现象。此外，为了提升隧道内的行车安全性，还可以在隧道入口和内部设置监控设备，实时监测车辆行驶状态和隧道环境状况，一旦发现异常情况及时发出警报并采取相应措施。

4 结束语

综上所述，本研究针对复杂环境下的高速公路交通安全设施设计展开了深入探讨，从连续下坡路段到桥、隧路段，均提出了具有针对性的设计策略。通过合理的交通标志尺寸与字符设计、稳固的支撑结构设计，以及清晰明确的交通标线设计，有效提升了连续下坡路段的行车安全性。同时，在桥、隧路段，通过科学选取护栏等级、精心构造护栏设计，进一步保障了车辆与行人的安全。未来，随着交通环境的日益复杂，对交通安全设施的设计要求也将不断提高，本研究为此提供了有益的参考与借鉴。

参考文献

- [1]樊彦兴,张柱.某市高速公路交通安全设施隐患整治研究[J].交通科技与管理,2023,4(14):51-53.
- [2]李越路.高速公路交通安全设施设计要点[J].石材,2023,(04):75-77.
- [3]迟景昊.高速公路改扩建临时交通安全设施设计的注意事项[J].交通科技与管理,2023,4(07):54-56.
- [4]张强.高速公路交通安全设施设计创新研究[J].工程建设与设计,2022,(20):61-63.
- [5]吕立丹.高速公路隧道交通安全设施优化设计探讨[J].中国设备工程,2022,(06):246-247.
- [6]白玉凤.高速公路隧道交通安全设施优化设计研究[J].山东交通科技,2021,(03):81-83.
- [7]徐英娇.复杂路网环境下高速公路交通安全设施分析[J].工程技术研究,2021,6(12):27-28.